

Para citar este artículo:

Arana Burgui, M.; Aramendia Santamaría, E. y San Martín Murugarren, R. (2007). Plataforma de e-learning en Acústica. Una primera evaluación, *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 6 (2), 139-152. [<http://campusvirtual.unex.es/cala/editio/>]

## Plataforma de e-learning en Acústica. Una primera evaluación

Learning Management System in Acoustics.  
A first evaluation.

Miguel Arana Burgui, Emilio Aramendia Santamaria y  
Ricardo San Martin Murugarren

Laboratorio de Acústica  
Departamento de Física  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
Industriales y de Telecomunicación  
Campus de Arrosadía  
31006 - Pamplona

*Universidad Pública de Navarra*

Email: [marana@unavarra.es](mailto:marana@unavarra.es); [emilio.aramendia@unavarra.es](mailto:emilio.aramendia@unavarra.es);  
[ricardo.sanmartin@unavarra.es](mailto:ricardo.sanmartin@unavarra.es)

**Resumen:** Como resultado de la colaboración entre el Laboratorio de Acústica de la Universidad Pública de Navarra y el Ayuntamiento de Pamplona, dentro del Proyecto EIDRA (Estrategias e Intervenciones para la Disminución del Ruido Ambiental) se diseñó un Aula Interactiva de Acústica con los objetivos de fomentar la curiosidad y acercar al público los conocimientos científicos del campo de la acústica de una forma divertida y participativa, sensibilizar sobre la contaminación acústica e integrar esta actividad en el diseño de programas de Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato. Equipada con fondos europeos (FEDER) a través del programa URBAN y situada dentro del Museo de Educación Ambiental San Pedro de Pamplona, se puso en marcha en 2005. Tratando de llegar al máximo público posible, varias experiencias han sido implementadas virtualmente y son accesibles desde la Web de la universidad, lo que ha permitido incluir experiencias destinadas tanto a alumnos universitarios como a músicos o individuos con formación técnica específica, reforzando de este modo la docencia tradicional mediante la inserción de las nuevas tecnologías en el ámbito universitario. Este trabajo analiza los dos primeros años de andadura de este proyecto con la convicción de que la divulgación científica contribuye a la concienciación de las conductas cotidianas personales como a la sensibilización social en la problemática de la contaminación acústica y su necesaria reducción.

**Palabras clave:** E-learning, recursos educativos, acústica, contaminación, concienciación.

**Abstract:** As resulting from the collaboration between the Acoustics Laboratory of the Public University of Navarre and the City council of Pamplona, within EIDRA project (Strategies and Interventions for the Diminution of the Environmental Noise), an interactive acoustical room was designed. Among the objectives are the following: to foment the curiosity and to approach the public the scientific knowledge in the field of Acoustics in an amused and interactive way, to sensitize on the acoustic pollution and to integrate this activity in the design of programs of primary and secondary school. Equipped with European funds (FEDER) through URBAN program and located inside the Museum of Environmental Education San Pedro of Pamplona, it was inaugurated in 2005. With the aim of reaching the maximum people, several experiences have been implemented virtually and are accessible from the Web of the university, which has allowed including experiences destined to university students, musicians or specific technical formation individuals, reinforcing traditional teaching by means of the insertion of the new technologies in the university. This work analyzes the first two years of the project with the conviction that the scientific spreading contributes to the awareness of the personal daily conducts and to the social sensitization on the problematic of acoustic pollution and its necessary reduction.

**Keywords:** E-learning, educational resources, acoustics, pollution, awareness.

---

## 1. Introducción y marco teórico

El Aula Interactiva de Acústica situada en el Museo de Educación Ambiental San Pedro de Pamplona persigue el objetivo común de otros museos de su mismo ámbito, “aprender y divertirse”. Por la variedad de sus contenidos, está diseñada para todo tipo de públicos, desde grupos escolares pasando por alumnos de carreras técnicas, a músicos profesionales. Pretende ser, además, una herramienta eficaz para educadores y agentes responsables de la sensibilización ambiental en materia de ruido. Consta de:

- Un conjunto de experiencias diseñadas para la comprensión de magnitudes acústicas básicas, abarcando aspectos relacionados con la generación, transmisión y percepción del sonido.
- Dos puestos de trabajo interactivos sobre características y efectos del ruido, con especial incidencia en su reducción o eliminación.
- Un conjunto de paneles informativos que persiguen aumentar los conocimientos sobre la problemática del ruido en la Ciudad y sus efectos.

En el diseño del Aula Interactiva se ha tratado de poner un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico. Se ha planteado el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una amplia variedad de situaciones dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene la Ciencia. Según la concepción constructivista, la información externa es interpretada por la mente, que va construyendo modelos explicativos cada vez más complejos y potentes. Este modelo, enriquecido por diversas aportaciones teóricas como el Aprendizaje Significativo o los Errores Conceptuales (Novak, 1998), es el defendido en la actualidad por la Reforma Educativa y el que se ha intentado aplicar en la construcción y diseño de las experiencias que contiene el Aula. Se basa en que el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno o alumna ya sabe. La asimilación de

nuevos conceptos va a modificar los ya existentes, la nueva información se incorpora a los esquemas de conocimiento y se organiza jerárquicamente con los conceptos y proposiciones que forman parte del componente intelectual del sujeto. Pero este componente es incompleto si no se toma en cuenta otro factor que hace posible el desarrollo de la estructura cognitiva del sujeto. Es lo que se identifica como Cognición Situada (Díaz-Barriga y Hernández Rojas, 2002), procurar que el estudiante relacione los contenidos que ha aprendido con su entorno sociocultural. Siempre que se presente a los alumnos claramente las relaciones entre los conceptos, puede producirse aprendizaje significativo por recepción.

## 2. Experiencias implementadas

En la tabla 1 se presenta un resumen de todas las experiencias, su dificultad, el público al que están dirigidas y las ampliaciones y temas relacionados implementados en los puestos de trabajo interactivos que ayudan a comprender mejor el fenómeno físico involucrado en cada una de ellas.

Tabla 1. Resumen de las experiencias del Aula Interactiva

Experiencia	Dificultad	Dirigido a:		Ampliación y temas relacionados			
Slinkys	1	G		<u>1</u>	2		
Modos propios	2	A	M	<u>2</u>	<u>3</u>	14	
Semáforo	1	G		<u>4</u>	7	13	9
Generación de sonido	2	A	M	7	<u>10</u>	15	
Paneles	1	G		<u>11</u>			
Batidos	2	A	M	<u>3</u>			
Parabólicas	1	G		<u>12</u>			
Ecualización	2	G	M	<u>9</u>	<u>10</u>	13	Paneles
Cortinas	2	G		Auralización		Modos propios	
Tubo discriminación temporal	1	G		4	5	<u>6</u>	
Juguetes acústicos	1	G		<u>14</u>			

**Dificultad:** (1) Baja, orientado a alumnos de ESO; (2) Media-alta, orientado a alumnos de Bachillerato y (3) Alta, universitarios, músicos o individuos con formación técnica específica.

**Dirigido a:** (G) Interés general; (A) Interés académico. Enfocada a estudiantes y educadores; (M) Interés musical. Orientada a músicos; (T) Interés técnico. Orientada a profesionales relacionados con el tema (arquitectos, constructores, legisladores...

**Ampliación y temas relacionados:** *Subrayado:* ampliación directa de la experiencia. *No subrayado:* útil para la profundización de conocimientos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Además de las experiencias operativas dentro de la sala, el Aula Interactiva cuenta con dos puestos de trabajo en donde el usuario puede ampliar su conocimiento. Las experiencias virtuales, mostradas en la tabla 2, están implementadas en formato html con el objetivo de que cada cual pueda navegar libremente por las páginas, buscando los temas en los que desea profundizar o que más despierten su curiosidad. Pueden encontrarse en <http://www.unavarra.es/organiza/acustica/index.htm>, dentro del sitio web de la Universidad Pública de Navarra. Asimismo, el mapa de ruido interactivo, experiencia virtual II, puede encontrarse actualmente en la Web del Ayuntamiento de Pamplona, <http://www.pamplona.es/mapaderuido/mapaacustico.htm>.

El usuario va a encontrarse con páginas en donde podrá medir su sensibilidad a la amplitud, a la frecuencia, al tiempo; percibir cómo afectaría a su audición una exposición prolongada al ruido; navegar por cada uno de los barrios de Pamplona escuchando los sonidos característicos de multitud de lugares, comprobar cuál sería el mejor aislante para su vivienda, profundizar en temas más teóricos complementados con animaciones gráficas; incluso sorprenderse con ilusiones auditivas que parecen imposibles.

Nº	Ampliación y temas relacionados	Dificultad	Dirigido a:	
1	Trasmisión de pulsos y ondas	3	A	
2	Vibración de cuerdas, barras y membranas	3	A	M
3	Modulaciones	2	A	M
4	Sensibilidad a la amplitud	1	G	M
5	Sensibilidad a la frecuencia	1	G	M
6	Discriminación temporal	1	G	M
7	Conceptos fundamentales	2	G	
8	Aislamiento acústico	2	T	
9	Pérdidas auditivas	2	G	
10	Formas de onda del sonido y análisis espectral	2	G	
11	Mapa de ruido	1	G	
12	Boom Sónico	2	G	
13	Legislación: Penalización por impulsividad y tonalidad	3	T	
14	Ilusiones auditivas y resonadores de Helmholtz	2	A	M
15	Enmascaramiento frecuencial	3	T	M
16	Auralización	1	G	T

*Tabla 2. Experiencias virtuales implementadas en puestos de trabajo interactivos y accesibles vía Web*

Además de estas clasificaciones, cada página lleva asociada unas imágenes localizadas en la parte superior derecha que ayudan a definir el contenido de la página.



Indica que dentro de la página existen enlaces de audio. La localización exacta de los enlaces de audio dentro de la página está representada por un altavoz.



Indica que dentro de la página existe un contenido teórico sobre el tema.



Indica que dentro de la página existen animaciones con el fin de ayudarnos en la visualización de fenómenos físicos. Estas animaciones son utilizadas también para representar dispositivos experimentales, o para aclarar algún concepto.

De todas las experiencias, hemos seleccionado tres representativas de los objetivos del proyecto. Cada una comienza con una breve descripción de los objetivos e incluye un fundamento teórico sencillo además de un método operativo donde se explica cómo se realizaría. Finalmente se hace una descripción de sus posibles aplicaciones.

## 2.1 Aislamiento acústico (experiencia virtual 8)

### 2.1.1 Objetivo

Demostración, para personas no habituadas a la disciplina acústica, del efecto auditivo producido por diferentes soluciones constructivas.

### 2.1.2 Fundamento

Las simulaciones informáticas (Aramendia et al, 2005) permiten que el futuro propietario de la vivienda pueda valorar si resulta interesante mejorar algunos elementos constructivos o no. Una tabla de aislamiento acústico en función de la frecuencia poco puede decir a alguien que no está familiarizado con los conceptos sobre el aislamiento acústico. Sin embargo, una simple simulación con el editor de audio permite que cualquier individuo escuche el aislamiento que se produciría para diferentes materiales o configuraciones constructivas y para diferentes fuentes de ruido.

En concreto, se comparan los niveles de aislamiento para tres diferentes configuraciones de tabique y ventana. El tabique es el mismo para los tres, tanto en material como en superficie. Lo que cambia es el tipo de ventana. De esta forma se pone de manifiesto la importante reducción del aislamiento acústico debido a las ventanas a pesar de que la superficie de la ventana es muy inferior a la de la parte ciega.

### 2.1.3 Método operativo

En la página existen enlaces de audio que simulan el aislamiento para las distintas configuraciones. Las características de los tres sistemas constructivos que se comparan se describen a continuación.

El tabique es el mismo en los tres casos, tanto en material (ladrillo macizo perforado + mortero + poliuretano), como en superficie (10 m<sup>2</sup>). Para la ventana (1,875 m<sup>2</sup>) se eligieron tres esquemas típicos en la construcción:

- a) ventana simple, vidrio 4 mm.
- b) ventana doble, vidrio 4 mm, cámara de aire 12 mm.
- c) ventana doble, vidrio 6 mm, cámara de aire 6 mm.

La figura representa los niveles de presión sonora para cada tercio de octava del ruido ambiental directo y del ruido atenuado por cada configuración de aislamiento.

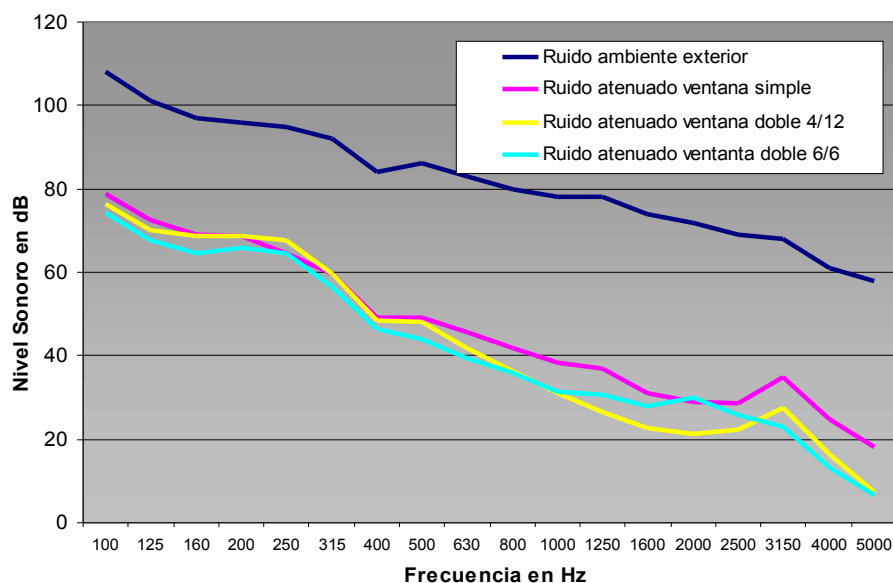


Figura 1. Atenuación sonora para tres diferentes carpinterías (experiencia n° 8)

#### 2.1.4 Comentarios

La falta de sensibilización sobre las consecuencias negativas de la exposición al ruido es la principal razón de que exista un desconocimiento generalizado por parte de constructores, propietarios de vivienda e incluso arquitectos de los fundamentos de aislamiento acústico. En la mayor parte de los casos, la mejora en el aislamiento va unida a un incremento sustancial en el coste de la construcción, tendiendo tanto por parte de arquitectos y constructores a la solución más económica siempre y cuando se respete la normativa. La normativa sobre aislamiento es lo suficientemente poco restrictiva como para que en la mayor parte de los casos no sea necesario realizar mediciones para saber que la construcción se encuentra dentro de la normativa. Esta es la razón por la que se suele tener en cuenta en el diseño y construcción la teoría de aislamiento acústico.

Hay que destacar también los problemas que surgen en la elección de los sistemas constructivos, debido a la dificultad de encontrar materiales que sean buenos desde el punto de vista térmico y acústico, ya que generalmente aquellos que son buenos aislantes acústicos (materiales absorbentes, porosos) son malos aislantes térmicos y viceversa. Otro conflicto surge ante la tendencia de utilizar sistemas constructivos ligeros en edificios de nueva construcción, lo que siempre resulta negativo desde el punto de vista del aislamiento acústico. Experiencias de este tipo son muy útiles para concienciar a arquitectos, constructores y legisladores, sobre la importancia de conocer la teoría de aislamiento acústico para evitar diseños constructivos erróneos.

#### 2.2 Pérdidas Auditivas (experiencia virtual 9)

### 2.2.1. Objetivo

Concienciar sobre los efectos negativos que una prolongada exposición al ruido provoca sobre nuestra capacidad auditiva.

### 2.2.2 Fundamento

Pruebas audiométricas realizadas a personas sometidas durante largo tiempo a altos niveles de ruido revelan una pérdida de agudeza auditiva en la gama de frecuencias altas (3000-6000 Hz) y en particular alrededor de los 4000 Hz. Con el tiempo, la pérdida puede afectar a la banda conversacional (500-2000 Hz). El ruido destruye las células ciliadas del órgano de Corti (en el oído interno), originando una hipoacusia neurosensorial de percepción, con disminución de los niveles de audición tanto por vía aérea (a través del oído) como por vía ósea (transmisión del sonido a través del cráneo). Esta patología es irreversible.

### 2.2.3. Método operativo

La experiencia comienza mostrando (figura 2) los resultados obtenidos por estudios científicos de pérdidas auditivas en función de los niveles y periodos de exposición (Taylor, 1965).

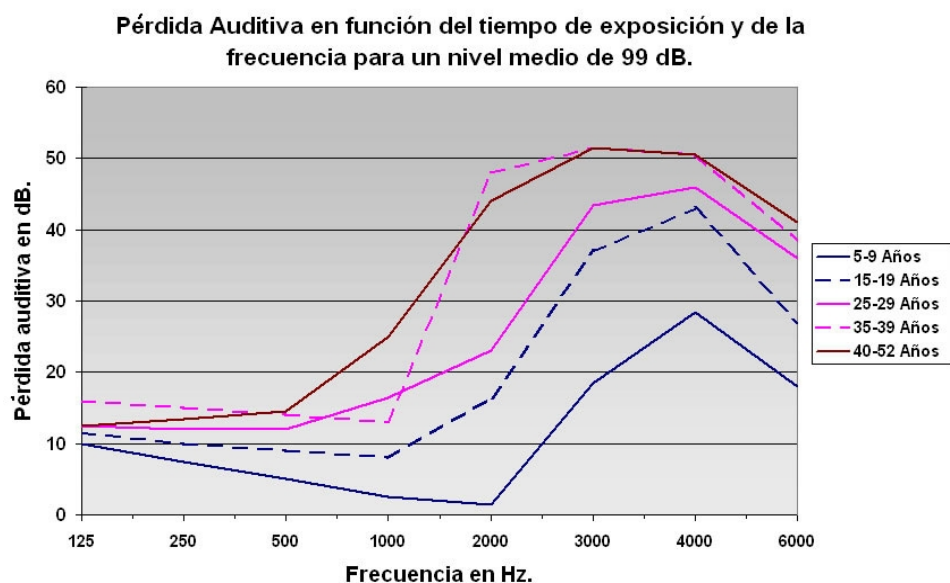


Figura 2. Pérdidas auditivas por exposición al ruido (experiencia n° 9)

Sin embargo, la valoración cuantitativa de estas pérdidas no aporta una información clarificadora sobre su incidencia en la audición. La experiencia ofrece la posibilidad de escuchar distintos fragmentos musicales en su versión original, tal y como los escucharía una persona que padece la pérdida auditiva mostrada en los resultados del trabajo referenciado. De esta forma, el usuario valora inmediatamente los efectos de la exposición a ruidos elevados.

La simulación se ha realizado para dos melodías diferentes: suite N°1 para violonchelo de J.S.Bach y fragmento de un cuarteto de cuerda de Shubert, en el que se aprecia más la pérdida auditiva, debido al mayor contenido de altas frecuencias (2-4 kHz). El trabajo de análisis consistió en filtrar las señales de audio originales mediante el filtro resultante de las correspondientes pérdidas, en función de la frecuencia y tiempo de exposición (Aramendia et al, 2003). Cada enlace de audio viene acompañado de otro donde es posible apreciar la pérdida auditiva de forma gráfica. La figura 3 muestra el cuadro de comandos para acceder tanto a las auralizaciones como a las representaciones gráficas.

Simulación de pérdidas.	Exposición entre 5 y 9 años.	Exposición entre 15 y 19 años.	Exposición entre 25 y 29 años.	Exposición entre 35 y 39 años.	Exposición entre 40 y 52 años.
Bach. (Sin pérdidas)					
Shubert. (Sin pérdidas)					

Figura 3. Pantalla de control para la simulación de pérdidas auditivas

#### 2.2.4. Comentarios

Aproximadamente un 10% de la población mundial padece pérdidas auditivas. Muchas de estas situaciones son debidas a una exposición prolongada a niveles elevados de ruido. Esta problemática podría mitigarse con una campaña eficiente de concienciación. Esta experiencia ha resultado muy atractiva (y con respuesta impactante) para las personas a las que se ha mostrado. Especialmente lo ha sido el segundo fragmento musical, en el que resultan mucho más perceptibles las pérdidas, dado su alto contenido en frecuencias medias-altas. En definitiva, mostrar que, si bien nuestras pérdidas auditivas nos permiten todavía entender mensajes orales, podemos ser sordos para apreciar con deleite pasajes musicales.

La experiencia funciona mejor con personas sin pérdida auditiva alguna, pues pueden valorar los pasos sucesivos del deterioro auditivo. Sin embargo, personas con gran pérdida auditiva parten, ya para la emisión original, con una impresión equivocada de la partitura original. Por supuesto, no percibirán apenas señal en las emisiones subsiguientes. En este sentido, la experiencia es muy instructiva y concienciadora para personas que todavía no están afectados por pérdidas auditivas. Todavía más si son amantes de la música.



## 2.3 Formas de onda del sonido y análisis espectral (experiencia virtual 10)

### 2.3.1 Objetivo

Estudiar las diferencias entre las formas de onda del ruido y de la música (información).

### 2.3.2 Fundamento

Dos formas de onda muy similares (figura 4) pueden contener distinta información. A veces, el estudio de la forma de onda no es suficiente y es necesario un análisis espectral.

### 2.3.3 Método operativo

A continuación se puede apreciar la forma de onda, (amplitud en función del tiempo) para dos casos diferentes de sonidos de 20 segundos de duración. El primero (arriba) se corresponde con un fragmento de la suite N°1 para violonchelo de J.S.Bach. Por otro lado, el segundo (abajo) se corresponde con ruido ambiental. Son similares y sin embargo suenan muy diferente.

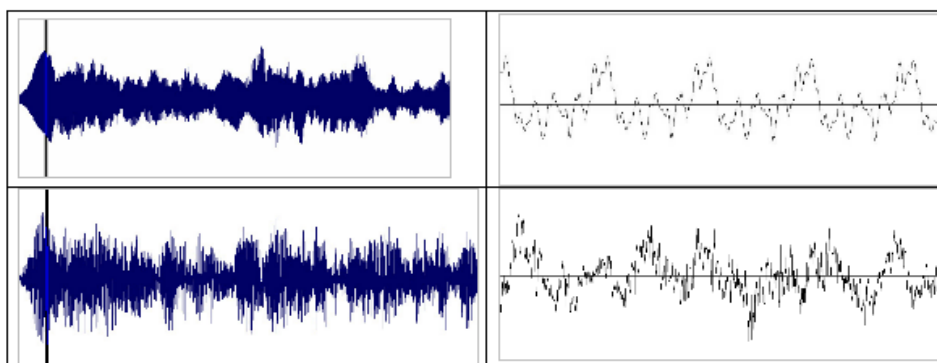


Fig.4. Formas de onda de sonido musical y ruido (experiencia n° 10)

Las dos formas de onda son muy similares. Ambas tienen los mismos valores de amplitud máxima, la evolución temporal es muy parecida y el valor eficaz de la potencia es el mismo para las dos formas de onda. Si queremos apreciar las diferencias en la forma de onda para el ruido y la música tenemos que verla con más detalle. Para ello, ampliamos el tramo seleccionado en la forma de onda completa.

Al ver la forma de onda completa (izquierda) no se perciben las diferencias. Sin embargo, al realizar una ampliación de 60 ms (derecha) se aprecia que en el sonido musical existe cierta periodicidad mientras que en el ruido no existe ninguna.

Desde el punto de vista de la composición, cualquier sonido puede sintetizarse como suma de ondas seno de diferentes frecuencias y amplitudes. El sonido musical está compuesto por ondas seno múltiples de una frecuencia fundamental. Esta es la razón de su clara periodicidad temporal. La forma de onda del ruido es prácticamente aleatoria. La figura 5 muestra el análisis espectral de cada sonido, musical (arriba) y ruido (abajo).

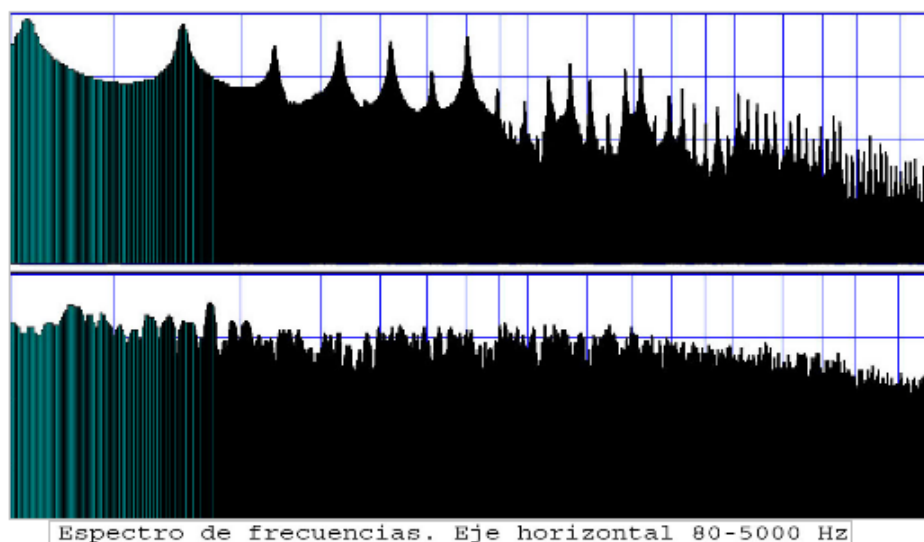


Fig. 5. Análisis espectrales de sonido musical y ruido (experiencia nº 10)

El sonido puede crearse como suma de ondas seno de diferentes frecuencias y amplitudes. El espectro de frecuencias nos muestra cuáles son esas frecuencias y amplitudes para un sonido determinado.

### 2.3.4 Comentarios

Muchas veces, utilizar distintas herramientas para analizar una señal es obligado de cara a no cometer errores. La representación en componentes frecuenciales de una señal temporal suele resultar un concepto complicado de entender por los estudiantes. La visualización y escucha de diferentes ejemplos les ayuda a asimilarlo.

## 3. Evaluación del proyecto

### 3.1 Colaboración entre el Museo de Educación Ambiental y el Departamento de Física de la Universidad Pública de Navarra

Con el objetivo de optimizar la utilización del Aula Interactiva de Acústica, se ha establecido una relación fluida entre el Departamento de Física de la Universidad Pública de Navarra y la empresa gestora del Museo de Educación Ambiental San Pedro. De esta forma, el Museo se beneficia del conocimiento técnico que tiene de la sala este Departamento. Del mismo modo, el Departamento se beneficia de la experiencia del Museo en el diseño de programas educativos y de

sensibilización, así como de las conclusiones que brindan las visitas a la sala. Esta colaboración ha servido para que el personal del Museo haya ampliado los conocimientos del Aula Interactiva de Acústica, lo que ha permitido el diseño de un conjunto de visitas nuevas para este espacio así como diversas mejoras en la oferta actual. Por el lado del Museo, se mantiene informado al Departamento de Física sobre las visitas recibidas, lo que les permite una evaluación interna del proyecto. La colaboración llevada hasta el momento entre las dos partes se ha fundamentado en las siguientes acciones:

- Revisión conjunta, entre el Museo y el Departamento de Física de la U.P.N.A. de los recursos del Aula Interactiva de Acústica, para profundizar en el conocimiento técnico y funcional de los mismos, con objeto de introducir mejoras en las visitas y proponer nuevas actividades.
- Aportaciones técnicas por parte del Departamento de Física a la visita que actualmente se realiza en el Aula Interactiva de Acústica.
- Evaluación sobre la posibilidad de ampliar los recursos actuales para hacerlos más accesibles a la recepción del público en grupos.

Actualmente se cuenta con la colaboración del Departamento para el futuro desarrollo de los contenidos de las nuevas visitas (especialmente las de aspectos más técnicos), elaboración de materiales didácticos y mejora de las encuestas de satisfacción.

### 3.2 Funcionamiento del Aula

El Aula de Acústica está incluida en una de las visitas que el Museo de Educación Ambiental San Pedro oferta a los centros de educación infantil, primaria, secundaria, bachillerato y formación profesional, dentro del programa de visitas escolares “Educación para la Sostenibilidad” que organiza el Ayuntamiento de Pamplona. La visita “El sonido que pasa a ser ruido” tiene una duración media de dos horas. Una de ellas se desarrolla íntegramente en el Aula con grupos reducidos de 10 a 12 alumnos. Una primera y breve explicación de quince minutos da paso a la realización de diferentes actividades basadas en la utilización de juegos interactivos para obtener experiencias y adquirir conocimientos científicos.

Desde que el Aula se insertó en la oferta educativa del Museo, ha recibido la visita de 804 estudiantes, de 13 centros distintos, repartidos en 45 visitas. Todos los centros que han visitado el aula procedían de la Comarca de Pamplona (Pamplona, Barañain, Burlada y Zizur Mayor). En cuanto al nivel educativo, más de la mitad (51.9%) del alumnado que ha visitado la sala pertenece a 2º de la ESO; le sigue en importancia el tercer ciclo de Primaria, con un 27.1%. El resto de cursos académicos reglados piden visitar la sala de forma más irregular. También se han realizado visitas para grupos de Educación Especial y Programas de Iniciación Profesional Especial (PIPE). En este sentido es importante señalar, que hasta el momento en la sala se ha ofrecido un único tipo de visita adaptada a tres niveles académicos diferentes.

De momento los datos disponibles son insuficientes para saber si los centros que acuden a la sala repiten la visita. Hasta ahora 3 de los 13 centros registrados han repetido las visitas en años sucesivos; uno de ellos acude siempre con el mismo curso (6º de Primaria), los otros dos han acudido con distintos cursos.

### 3.3 Encuestas de satisfacción

La impresión general, tanto de los alumnos como de los tutores y encargados del museo, es muy positiva, y el boca a boca entre los docentes la está convirtiendo progresivamente en la más demandada de entre las visitas ofertadas. Su interactividad es muy valorada. En la campaña 2004-05 supuso el 18% de las visitas totales. Para los alumnos, su primer acercamiento al mundo científico se convierte en una experiencia enormemente satisfactoria. Los profesores encuentran la visita al Aula muy interesante como complemento a explicaciones teóricas, incluidas en el currículo de secundaria, difíciles de asimilar. Si todas estas impresiones se complementan con la idea original de concienciar sobre los efectos nocivos de la contaminación acústica, podemos sin duda concluir que la implantación del Aula está siendo todo un éxito.

Las actividades de mayor aceptación, o mejor valoradas por el alumnado, son los Juguetes acústicos (el 91% de los estudiantes la seleccionan como una de las actividades que más les ha gustado), los Muelles y la dinámica de los Sonidos Puros. El resto de las actividades (circuito de discriminación temporal y la visita a la Sala 7 de la Exposición), reciben más o menos el mismo número de votos, por lo que realmente todas las actividades resultan atractivas en mayor o menor medida. Además de las actividades realizadas se evalúa la calidad de las explicaciones, la calidad didáctica del Aula, si ha resultado entretenida la visita y si la duración es adecuada obteniéndose siempre una puntuación mínima de notable.

Con respecto al profesorado, todos los centros han considerado adecuado el horario y la duración del taller, así como la información obtenida. Se considera que el objetivo de la visita es propiamente didáctico, con funciones de información, interpretación y sensibilización. Se considera adecuada la atención prestada por las educadoras del Museo, y las explicaciones dadas se califican de Buenas y Muy Buenas. En el apartado de observaciones cabe remarcar la petición de realizar más actividades en el Aula de Acústica.

Desafortunadamente se desconoce la respuesta que está teniendo la apertura vía Web de las experiencias virtuales al público en general y a los alumnos universitarios de la Ingeniería Técnica en Imagen y Sonido en particular. Solamente por medio de contactos personales podemos hacer una primera estimación de sus impresiones, que en cualquier modo creemos muy satisfactorias.

### 3.4 Plan futuro

Como consecuencia de esta primera evaluación realizada, se está desarrollando en la actualidad un nuevo programa específico de visitas al Aula Interactiva de Acústica en colaboración con la empresa gestora del museo. El programa que se propone tiene como características principales las siguientes:

- Abarca a todo el espectro de la vida escolar.
- Incorpora al público adulto y al especializado: estudiantes universitarios y de música.
- Incluye siempre un componente ambiental, ya que todas las visitas diseñadas incluyen algún aspecto formativo sobre el problema del ruido.
- Mejora muy notablemente el grado de aprovechamiento de los recursos del Aula y, en consecuencia, los fondos invertidos en ella.
- Permite avanzar en la fidelización del público, en tanto que es posible realizar visitas diferentes a la misma sala atendiendo tanto al tema principal tratado como al momento de la carrera escolar; una persona a lo largo de su vida escolar podría realizar hasta 13 visitas diferentes al Aula Interactiva de Acústica.
- Incorpora al espectro de visitantes a personas que, a priori, podrían pensar que tienen una escasa relación con los contenidos del Museo.
- Integra las sugerencias de los visitantes actuales al Aula Interactiva de Acústica sobre más visitas y actividades.
- A diferencia de otros programas, éste es único en Navarra.

### 4. Referencias bibliográficas

Novak, J.D. (1988): Constructivismo humano: un consenso emergente, *Enseñanza de las Ciencias* 6, 213-223.

Díaz-Barriga, F.; Hernández Rojas, A. (2002): Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista. México. Mc Graw Hill.

Taylor, W. et al. (1965): Study of Noise and Hearing in Jute Weaving, *Journal of Acoustical Society of America* 38, 113-120.

Aramendía, E.; Arana, M.; San Martín, R. (2003): Herramientas para la concienciación en la disminución del ruido. Auralización de pérdidas auditivas. *Jornadas Nacionales de Acústica. Proceedings*, ISBN: 84-87985-08-4, Paper: ESI-002 IP Bilbao, Spain.

Aramendía, E.; San Martín, R.; Arana, M. (2005): Computer tools to simulate acoustic phenomena. *Proceedings of Seventh International Conference on Computer*

*Based Learning in Science CBLIS 2005*, ISBN: 9963-607-63-2, pp: 158-166,  
Zilina, Slovakia.

### Agradecimientos.

Agradecemos muy sinceramente tanto la ayuda económica (a través del Plan URBAN) como la implicación en el Proyecto del Área de Sanidad Ambiental del Ayuntamiento de Pamplona (España)